

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-005387

(43)Date of publication of application : 14.01.1994

← correspond to
JP 2814416 B

(51)Int.Cl.

H05H 1/46
G01N 24/14
G01R 33/64
H01L 21/31

(21)Application number : 04-187369

(22)Date of filing : 23.06.1992

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

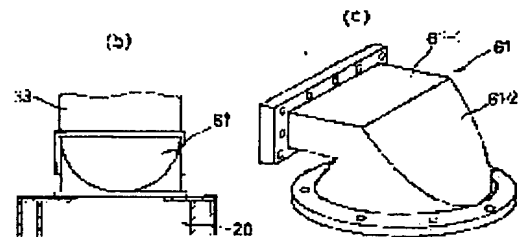
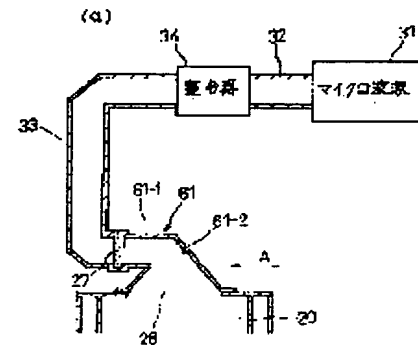
(72)Inventor : NISHIMURA HIROSHI
ONO TOSHIRO
MATSUO SEITARO

(54) PLASMA PROCESSING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To eliminate risk of film attachment to a microwave introducing window, produce high density plasma stably, and perform formation of a metal film of Al, etc., and a conductive film of SiC, etc., stably for a long time.

CONSTITUTION: A vacuum wave-guide tube 61 is configured with a wave-guide tube portion 61-1 and a tapered tube portion 61-2. A microwave introducing window 27 is positioned in a dead angle viewed from an opening for introducing microwaves. The microwaves having passed the window 27 are led in the wave-guide tube portion 61-1 in the direction perpendicular to the external magnetic field with the microwave electric field parallel with the external magnetic field, reflected by the tapered tube portion 61-2 with the advancing direction bent at a right angle, and introduced to a plasma producing chamber 20 being led by the external magnetic field from the ferro-magnetic side stronger than the ECR conditions.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.02.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2814416

[Date of registration] 14.08.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2814416号

(45) 発行日 平成10年(1998)10月22日

(24) 登録日 平成10年(1998) 8月14日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 5 H 1/46

H 0 5 H 1/46

C

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平4-187369

(22) 出願日 平成4年(1992)6月23日

(65) 公開番号 特開平6-5387

(43) 公開日 平成6年(1994)1月14日

審査請求日 平成7年(1995)2月21日

(73) 特許権者 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 西村 浩志

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

日本電信電話株式会社内

(72) 発明者 小野 俊郎

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

日本電信電話株式会社内

(72) 発明者 松尾 誠太郎

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

日本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山川 政樹

審査官 山口 敦司

(56) 参考文献 特開 平1-306558 (J.P., A)

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマ生成室およびこのプラズマ生成室に連通する導波管に外部磁界を印可した状態で、マイクロ波を誘電体窓を通し前記導波管を介して前記プラズマ生成室へ供給し、前記プラズマ生成室内の原料を電子サイクロトロン共鳴 (E C R) によりプラズマ化するプラズマ処理装置において、

前記導波管が導波管部と連結管部とから構成され、導波管部のプラズマ生成室側の面内に設けられた開口を挟んでその両側に誘電体窓が配置され、また導波管部の開口と連通して連結管部が設けられ、前記誘電体窓を通過したマイクロ波が、そのマイクロ波電界を前記外部磁界と平行として前記外部磁界に垂直な方向へ進み、このマイクロ波の進行方向が前記プラズマ生成室直上の外部磁界強度が E C R 条件よりも強い場所で直角に曲げられて、

2

前記連結管部を通過して前記外部磁界に沿って前記プラズマ生成室へ導かれるように、前記導波管が配置されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 プラズマ生成室およびこのプラズマ生成室に連通する導波管に外部磁界を印可した状態で、マイクロ波を誘電体窓を通し前記導波管を介して前記プラズマ生成室へ供給し、前記プラズマ生成室内の原料を電子サイクロトロン共鳴 (E C R) によりプラズマ化するプラズマ処理装置において、

10

前記導波管が一端に反射端を設けた導波管部と連結管部とから構成され、導波管部のプラズマ生成室側の面内に設けられた開口を挟んで反射端と対向する側に誘電体窓が配置され、また導波管部の開口と連通して連結管部が設けられ、前記誘電体窓を通過したマイクロ波が、そのマイクロ波電界を前記外部磁界と平行として前記外部磁

3

4

界に垂直な方向へ進み、このマイクロ波の進行方向が前記プラズマ生成室直上の外部磁界強度がECR条件よりも強い場所で直角に曲げられて、前記連結管部を通して前記外部磁界に沿って前記プラズマ生成室へ導かれるように、前記導波管が配置されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】 請求項1又は2において、誘電体窓がプラズマ生成室のマイクロ波導入用開口からみて死角の位置に配置されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、プラズマ生成室に外部磁界を印可した状態で、マイクロ波を誘電体窓を通してプラズマ生成室へ供給し、プラズマ生成室内の原料を電子サイクロトロン共鳴（ECR）によりプラズマ化し、試料に照射することによって薄膜形成を行うプラズマ処理装置に関するものであり、特に誘電体窓への膜の付着を無くして金属膜や導電性膜を長時間安定して形成するためのプラズマ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図7に従来のプラズマ処理装置の基本構成を示す。この種のプラズマ処理装置として、特公昭62-43335号「プラズマ付着装置」（特願昭55-57877号）、特開平1-97399号「プラズマ処理方法および装置」（特願昭63-98330号）が知られている。

【0003】 図7において、10は試料室、20はプラズマ生成室、30はマイクロ波供給手段である。試料室10は、試料40を載置する試料台11を有し、通気孔12を介して排気路13に連結されている。試料室10は、排気路13とは反対側において、プラズマ引き出し開口21を介してプラズマ生成室20とつながっている。第1ガス導入系としての導入管22を介して外部の第1ガス源より第1ガスをプラズマ生成室20内に導く。開口21の外部に近接して、小孔を複数個あけた環状管23を配置し、第2ガス導入系としての導入管24を介して、第2ガス源から必要に応じて第2ガスを試料室10に導く。プラズマ生成室20の周りには、冷却環部25を配置し、冷却用管26を介して冷却源より水などのクーラントを供給する。

【0004】 プラズマ生成室20には、その開口21と対向する端面に、例えば石英ガラス板によるマイクロ波導入窓（誘電体窓）27が設けられている。このマイクロ波導入窓27を介して、マイクロ波供給手段30からのマイクロ波を、真空度を維持してプラズマ生成室20内に導く。矩形導波管33とマイクロ波導入窓27との間には、マイクロ波の矩形導波管モードとプラズマ中マイクロ波伝播モードとの整合を図るために、マイクロ波モード変換器35が配置されている。

【0005】 プラズマ生成室20の周りには、磁気コイル50が配置され、ECRを生じさせるのに必要な外部磁界（マイクロ波周波数2.45GHzの場合には875ガウス）を発生させる。磁気コイル50もプラズマ生成室20と同様に冷却されている。これらによって、プラズマ生成室20内に導入される第1ガスを原料として、マイクロ波導入窓27を介して導入されるマイクロ波によってECR条件で励起させ、プラズマ化する。このようにして生成したプラズマを磁界勾配を利用して試料室10内の試料台11上に導き、試料台11上の試料40上に薄膜を形成する。

【0006】 このような構成のECRプラズマを利用して薄膜形成を行うプラズマ処理装置は、低ガス圧（ $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Torr）、高活性、低損傷等の種々の長を有しており、薄膜付着への応用では、 SiO_2 、 Si_3N_4 、 SiC 等の各種薄膜を加熱無しの低温で緻密・高品質に形成できる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図7に示す構成では、マイクロ波導入窓27が直接プラズマに接しているために、マイクロ波導入窓27上にも膜が付着する。そのため、導電性膜の形成ではマイクロ波導入窓27に導電性膜が形成される結果、マイクロ波が反射されたり、その膜にマイクロ波が吸収されたりして、プラズマが維持できなくなり、膜形成が行えなくなる。また、マイクロ波導入条件が徐々に変化して再現性が損なわれたりする。このように従来の装置構成ではマイクロ波導入窓27への導電性膜付着のために、導電性膜を長時間安定して形成することができないという問題があった。なお、マイクロ波導入窓27への導電性膜の付着の防止を目的として、図8、図9、図10に示すようなECRプラズマ装置が知られている。しかし、いずれの装置にも、難点がある。

【0008】 図8に示す装置構成では、マイクロ波導入用開口28からは直接見込めない位置、すなわちマイクロ波導入用開口28からみて死角の位置に、マイクロ波導入窓27を配置している。そして、マイクロ波をマイクロ波導入窓27を通し真空導波管72を介してプラズマ生成室20へ供給するものとし、磁気コイル50と真空導波管72との間に例えばヨーク等の強磁性体71を配置している。他は図7に示す構成と同様である。

【0009】 図8に示す装置構成では、プラズマ中の粒子が直接飛来しない位置にマイクロ波導入窓27を配置することにより、マイクロ波導入窓27へ導電性膜が付着しにくいものとしている。この場合、真空導波管72内部でのプラズマの発生が問題となるが、この装置構成では、真空導波管72の周囲に強磁性体71を配置することにより真空導波管72内の磁束密度を減少させて、真空導波管72中でのプラズマの発生を抑止している

（応用物理学会誌第58巻第8号（1989年）121

5

7 頁-1226 頁「高速スパッタ型 ECR プラズマ成膜技術の汎用化-導電成膜の高速形成技術-」参照)。

【0010】しかしながら、このような構成では、真空導波管 72 部分での磁界が弱いために、プラズマ生成室 20 内から拡散してくるプラズマにより、真空導波管 72 部分でマイクロ波の遮断が起こり、マイクロ波の反射を生じてプラズマ密度が高められないという問題がある。

【0011】図 9 に示す装置構成においても、プラズマ中の粒子が直接飛来しない位置にマイクロ波導入窓 27 を配置することにより、マイクロ波導入窓 27 へ導電性膜が付着しにくいものとしている。そして、真空導波管 72 を、2 つの磁気コイル 51 と 52 との間を通して、プラズマ生成室 20 と結合している。この場合、マイクロ波源 31 からのマイクロ波は、マイクロ波導入窓 27 を通り、真空導波管 72 内を外部磁界 (図示矢印 B 方向) に対して垂直な方向へ伝播して、プラズマ生成室 20 に導入される。この場合、真空導波管 72 内部でのプラズマの発生が問題となるが、この装置構成では、マイクロ波の進行方向が外部磁界に対して垂直でマイクロ波電界が外部磁界に対して平行になるように、真空導波管 72 をプラズマ生成室 20 と結合させることにより、真空導波管 72 内でのプラズマ生成を防止している。また、プラズマが磁力線に捕捉されて磁力線に垂直方向には広がりにくいことを利用して、真空導波管 72 内へのプラズマの拡散を防止している (応用物理学誌第 58 巻第 8 号 (1989 年) 1217 頁-1226 頁「高速スパッタ型 ECR プラズマ成膜技術の汎用化-導電成膜の高速形成技術-」および N T T R & D v o l . 39 No. 6 (1990) 939 頁-946 頁「電界ミラー型高速 ECR スパッタ成膜技術」参照)。

【0012】しかしながら、このような構成では、プラズマ生成室 20 内でマイクロ波が正常波 (プラズマ中でのマイクロ波の伝播モードの 1 つで、マイクロ波の進行方向が外部磁界に垂直で、電界の方向が外部磁界に平行な伝播モード) で伝播することになるために、マイクロ波の遮断現象が避けられず、マイクロ波の反射を生じてプラズマ密度が高められないという問題がある。

【0013】すなわち、プラズマは、(a) 適度な真空が実現され、(b) マイクロ波電界と垂直方向に外部磁界があり、(c) マイクロ波電界が存在する場合にはたち易くなるが、逆にこれらのうち少なくとも 1 つが成立しない場合にはたち難くなる。一方、高密度の ECR プラズマを安定に生成するためには、(d) マイクロ波の遮断を防ぐために、マイクロ波が ECR 条件よりも高磁界側から外部磁界に沿ってプラズマ生成室に導入されていること、(e) マイクロ波電界の方向が外部磁界に垂直であること、(f) 適度な真空が実現されていることの 3 点が同時に成立することが必要である。真空導波管内では、適度な真空が保たれマイクロ波電界も存在する

6

ので、真空導波管内でのプラズマの発生を防ぐには、マイクロ波電界を外部磁界と平行にするか、外部磁界を零にすればよい。図 8 に示した装置構成では、真空導波管 72 内の磁界を弱めることで、真空導波管 72 内でのプラズマの発生を防止しているが、プラズマが導波管 72 内部に拡散すると磁界が弱いために、逆に、マイクロ波の遮断現象が起こり、プラズマ密度が高められない。また、図 9 に示した装置構成では、真空導波管 72 をプラズマ生成室 20 に側面側より結合してマイクロ波電界と外部磁界を平行にし、これによりプラズマの発生を抑えているが、プラズマ生成室 20 内でマイクロ波の遮断現象が起こり、プラズマ密度が高められない。

【0014】図 10 に示す装置構成では、RF 電源 81 を用いて、マイクロ波導入窓 27 に高周波電力 (RF 電力) を供給するものとしている。すなわち、プラズマ生成室 20 に Ar ガスを導入してプラズマ化し、RF 電源 81 によりマイクロ波導入窓 27 に RF 電力を供給し、発生するセルフバイアスによってプラズマ中の Ar イオンを加速してマイクロ波導入窓 27 に衝突させ、Ar イオンのスパッタリング効果により、マイクロ波導入窓 27 への導電性膜の付着を防止している (住友金属, v o l . 43-4 (1991), 37 頁-43 頁「ECR プラズマによる W 薄膜形成」参照)。

【0015】しかしながら、この装置構成では、Ar イオンが衝突することによるマイクロ波導入窓 27 の損耗の問題や、これによる不純物材料の形成中の膜への混入の問題があるうえ、マイクロ波導入窓 27 の温度上昇を防止する冷却機構およびマイクロ波導入窓 27 に RF 電力を供給する手段を新たに設置する必要がある。

【0016】以上説明したように、現在のところマイクロ波導入窓 27 への膜付着の問題を根本的に解決して、高密度のプラズマを安定に生成でき、導電性膜を長時間安定に形成できる方法は知られていない。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明はこのような課題を解決するためになされたもので、第 1 発明 (請求項 1 に係る発明) は、導波管部と連結管部とから導波管を構成し、導波管部のプラズマ生成室側の面内に設けられた開口を挟んでその両側に誘電体窓を配置し、また導波管部の開口と連通して連結管部を設け、誘電体窓を通過したマイクロ波を、そのマイクロ波電界を外部磁界と平行として外部磁界に垂直な方向へ進ませ、このマイクロ波の進行方向をプラズマ生成室直上の外部磁界強度が ECR 条件よりも強い場所で直角に曲げて、連結管部を通じて外部磁界に沿ってプラズマ生成室へ導くように、導波管を配置したものである。第 2 発明 (請求項 2 に係る発明) は、一端に反射端を設けた導波管部と連結管部とから導波管を構成し、導波管部のプラズマ生成室側の面内に設けられた開口を挟んで反射端と対向する側に誘電体窓を配置し、また導波管部の開口と連通して連結管部を

7

設け、誘電体窓を通過したマイクロ波を、そのマイクロ波電界を外部磁界と平行として外部磁界に垂直な方向へ進ませ、このマイクロ波の進行方向をプラズマ生成室直上の外郊磁界強度がECR条件よりも強い場所で直角に曲げて、連結管部を通して外部磁界に沿ってプラズマ生成室へ導くように、導波管を配置したものである。第3発明（請求項3に係る発明）は、第1発明又は第2発明において、誘電体窓をプラズマ生成室のマイクロ波導入用開口からみて死角の位置に配置したものである。

【0018】

【作用】したがってこの発明によれば、第1発明では、導波管部の開口を挟んでその両側に配置された誘電体窓を通過したマイクロ波がそのマイクロ波電界を外部磁界と平行として外部磁界に垂直な方向へ進むことにより、導波管内でのプラズマの発生と導波管内へのプラズマの拡散（導波管内でのマイクロ波の遮断）が防止される。また、導波管の開口付近では両側の誘電体窓からのマイクロ波が互いに打ち消しあって、開口付折は定在波の節となり、マイクロ波電界の強度が非常に弱くなるので、導波管内でプラズマが非常に発生しにくくなり、導波管内でのマイクロ波の遮断がより防止できる。また、マイクロ波の進行方向をプラズマ生成室直上の外部磁界強度がECR条件よりも強い場所で直角に曲げて外部磁界に沿ってプラズマ生成室へ導くことにより、プラズマ生成室内でのマイクロ波の遮断を防ぐことができる。第2発明では、誘電体窓を通過したマイクロ波がそのマイクロ波電界を外部磁界と平行として外郊磁界に垂直な方向へ進むことにより、導波管内でのプラズマの発生と導波管内へのプラズマの拡散（導波管内でのマイクロ波の遮断）が防止される。また、導波管の開口付折では誘電体窓からのマイクロ波と誘電体窓を経て反射端で反射されたマイクロ波とが干渉し、開口付近は定在波の節となり、マイクロ波電界の強度が非常に弱くなるので、導波管内でプラズマが非常に発生しにくくなり、導波管内でのマイクロ波の遮断がより防止できる。また、マイクロ波の進行方向をプラズマ生成室直上の外部磁界強度がECR条件よりも強い場所で直角に曲げて外部磁界に沿ってプラズマ生成室へ導くことにより、プラズマ生成室内でのマイクロ波の遮断を防ぐことができる。第3発明では、誘電体窓がプラズマ生成室のマイクロ波導入用開口からみて死角の位置に配置されていることにより、プラズマ生成室内で生成されたプラズマ中の粒子が直接飛来することができなくなる。

【0019】

【実施例】以下、本発明に係るプラズマ処理装置を詳細に説明する。実施例の説明に入る前に本発明の前段となる基本技術について説明する。

【0020】〔基本例〕

図1(a)、(b)、(c)に本発明の前段となる基本例を示す。本図はマイクロ波導入部を拡大して示してお

8

り、他の部分の構成は図7と同様である。図1(a)は装置側面図、図1(b)は図1(a)におけるA方向矢視図、図1(c)はマイクロ波導入部の外観を示す図である。

【0021】マイクロ波源31からのマイクロ波は矩形導波管32、整合器34、矩形導波管33、マイクロ波導入窓27、真空導波管61を経てプラズマ生成室20に導かれる。

【0022】真空導波管61は、マイクロ波がそのマイクロ波電界を外部磁界と平行として外部磁界に垂直な方向へ進む導波管部61-1と、マイクロ波を反射させてマイクロ波の進行方向と電界方向を90度変化させるためのテーパ管部（連結管部）61-2とから構成されている。この例では、矩形導波管33とプラズマ生成室20との接続を容易とするために、矩形導波管33側と接続する真空導波管61の端面は矩形導波管33の断面と等しく、プラズマ生成室20と接続する真空導波管61の端面は矩形導波管33の長手方向の寸法に等しい直径を有する円形（96mmφ）となっている。27はプラズマ生成室20を真空に保ちつつマイクロ波を導入するためのマイクロ波導入窓であり、ここでは、石英ガラス板が用いられている。矩形導波管33はマイクロ波導入窓27の直前でマイクロ波の進行方向が外部磁界に垂直でマイクロ波電界が外部磁界に平行になるように配置されている。この例ではマイクロ波導入窓27の直前でEコーナにより直角に曲げるにより実現している。

【0023】図2に磁気コイル50と真空導波管61との位置関係を示す。磁気コイル50により、真空導波管61付近の磁界強度がECR条件よりも強くなり、プラズマ生成室20内の適当な領域でECR条件を満たすような外部磁界が生成される。

【0024】このような構成によって、マイクロ波導入窓27を通過したマイクロ波は、導波管部61-1をTE₁₀モード（電界は外部磁界に平行）で外部磁界に対して垂直な方向へ進み、テーパ管部61-2で反射して進行方向を直角に曲げられて、外部磁界に沿ってECR条件よりも強磁界側からプラズマ生成室20に導入される。テーパ管部61-2で反射される前後でマイクロ波電界の方向は外部磁界に平行な方向から垂直な方向に変化する。その様子を図3に示す。図3において、91はマイクロ波電界の電気力線を模式的に表しており、Bは外部磁界を表す。

【0025】このような構成により、導波管部61-1ではマイクロ波電界と外部磁界とを平行にできるので、導波管部61-1内でのプラズマの発生を防止することができる。また、プラズマ生成室20で発生したプラズマは磁力線に対して垂直方向には拡散しにくいので、テーパ管部61-2から導波管部61-1へのプラズマの拡散はなく、マイクロ波導入窓27への膜の付着が抑制できる。さらに、マイクロ波はテーパ管部61-2によ

って反射されて、ECR条件より高磁界側から外部磁界に沿ってプラズマ生成室20に導入されるので、プラズマ生成室20内でのマイクロ波の遮断現象が起こらず、高密度プラズマが安定に生成できる。

【0026】この基本例では、マイクロ波導入窓27をプラズマ生成室20へのマイクロ波導入用開口28からみて死角の位置に配置しているため、プラズマ生成室20内で生成されたプラズマ中の粒子が直接飛来できず、マイクロ波導入窓27への膜の付着防止がより効果的とされている。

【0027】したがって、このような構成により、導電性膜を長時間安定に形成することができる。

【0028】基本例では、導波管部61-1内でのマイクロ波電界を外部磁界と平行にすることにより、導波管部61-1内でのプラズマの発生を防止しているが、さらに、導波管部61-1内でマイクロ波の定在波を作ると、その節の部分ではマイクロ波電界は非常に弱くなるので、導波管部61-1内でプラズマをよりたし難くすることができる。本発明はこの点に着目したものである。このような構成の例を実施例1および実施例2に記す。

【0029】〔実施例1〕

図4(a)、(b)に本発明に係るプラズマ処理装置の第1の実施例を示す。本図はマイクロ波導入部を拡大して示しており、他の部分の構成は図7と同様である。図4(a)は装置側面図、図4(b)はマイクロ波導入部の外観を示す。

【0030】図4(a)において、64はマイクロ波を2つに分岐する矩形導波管で、マイクロ波回路ではE面Y分岐と呼ばれている分岐回路である。63は中央部にマイクロ波を送り出すためのスリット(開口)62を有する真空導波管で、マイクロ波がそのマイクロ波電界を外部磁界と平行として外部磁界に垂直な方向へ進む導波管部63-1と、このマイクロ波を外部磁界に沿ってプラズマ生成室20へ導くテーバ管部63-2とから構成されている。

【0031】スリット62は導波管部63-1のプラズマ生成室20側の面内に形成されており、この例では、マイクロ波の進行方向には40mm、進行方向に直角な方向には96mmの矩形開口としている。テーバ管部63-2はスリット62と連通し、この例では、導波管部63-1側は96mm×40mmの矩形開口、プラズマ生成室20側は導波管部63-1の長手方向と等しい直径をもつ96mmφの円形開口になっている。27-1、27-2は真空を維持してマイクロ波を導入するためのマイクロ波導入窓で、スリット62を挟んでその両側のマイクロ波が外部磁界に垂直に進行する部分に設置され、この例では石英板が用いられている。

【0032】マイクロ波源31からのマイクロ波は矩形導波管32、整合器34、矩形導波管33を経て分岐回

路64に導かれる。分岐回路64で2つに分けられたマイクロ波は、それぞれ等しい距離を伝播した後、マイクロ波導入窓27-1、27-2を通り、スリット62付近に到達する。分岐回路64で2つに分岐されたマイクロ波の位相は互いに180度違っているため、導波管部63-1のスリット62付近ではマイクロ波導入窓27-1からのマイクロ波とマイクロ波導入窓27-2からのマイクロ波とが、互いに打ち消しあって、スリット62付近は定在波の節となり、マイクロ波電界の強度は非常に弱くなる。

【0033】ここで、マイクロ波導入窓27-1と27-2とをスリット62に対して対称の位置に配置すると、分岐回路64で分岐された2つのマイクロ波の光路長を完全に等しくできるので、スリット62付近で節を形成するのにより効果的である。

【0034】そして、導波管壁を流れる高周波電流がスリット62によって断ち切られるため、スリット62は一種のスロットアンテナとして作用し、マイクロ波はテーバ管部63-2内へ放射され、さらに、テーバ管部63-2を介してプラズマ生成室20内に放射される。放射されるマイクロ波の電界は外部磁界と垂直になる。この様子を図5に示す。図5で91はマイクロ波の電気力線を模式的に示している。

【0035】このような構成により、導波管部63-1内では、マイクロ波電界は外部磁界と平行となり、さらに、スリット62付近が定在波の節となってマイクロ波電界が非常に弱くなり、導波管部63-1内でのプラズマの発生を防止することができるようになる。さらに、マイクロ波は外部磁界に沿ってECR条件よりも高磁界側からプラズマ生成室20に導入されるので、プラズマ生成室20内でのマイクロ波の遮断現象が起こらず、高密度プラズマを安定に生成することができる。

【0036】なお、本実施例においても、マイクロ波導入窓27-1、27-2をプラズマ生成室20へのマイクロ波導入用開口28からみて死角の位置に配置しているので、プラズマ生成室20内で生成されたプラズマ中の粒子が直接飛来できず、マイクロ波導入窓27-1、27-2への膜の付着防止がより効果的とされている。

【0037】〔実施例2〕

図6(a)、(b)に本発明に係るプラズマ処理装置の第2の実施例を示す。本図はマイクロ波導入部を拡大して示しており、他の部分の構成は図7と同様である。図6(a)は装置側面図、図6(b)はマイクロ波導入部の外観を示す。

【0038】同図において、67はその一端に反射端65を有する真空導波管で、マイクロ波がそのマイクロ波電界を外部磁界と平行として外部磁界に垂直な方向へ進む導波管部67-1と、このマイクロ波を外部磁界に沿ってプラズマ生成室20へ導くテーバ管部67-2とから構成されている。導波管部67-1のプラズマ生成室

20側の内面には、反射端65から半波長の位置を中心にスリット62が形成されている。スリット62は、この例では、マイクロ波の進行方向には40mm、進行方向に直角な方向には96mmの矩形開口としている。テーパ管部67-2はスリット62と連通し、この例では、導波管部67-1側は96mm×40mmの矩形開口、プラズマ生成室20側は導波管部67-1の長手方向と等しい直径をもつ96mmφの円形開口になっている。

【0039】マイクロ波源31からのマイクロ波は矩形導波管32、整合器34、矩形導波管33、マイクロ波導入窓27を経て反射端65により反射され、マイクロ波導入窓27から伝播してくるマイクロ波と干渉し、導波管部67-1内に定在波を形成する。スリット62は反射端65から半波長の位置を中心に形成してあるため、スリット62付近は定在波の節となり、マイクロ波電界の強度は非常に弱くなる。そして、スリット62により導波管壁を流れる高周波電流が断ち切れ、スリット62が一種のスロットアンテナとして作用し、マイクロ波はテーパ管部67-2内へ放射され、さらに、テーパ管部67-2を介してプラズマ生成室20内に放射される。放射されるマイクロ波の電界は外部磁界と垂直になる。

【0040】このような構成により、導波管部67-1内では、マイクロ波電界は外部磁界と平行となり、さらに、スリット62付近が定在波の節となってマイクロ波電界が非常に弱くなり、導波管部67-1内でのプラズマの発生を防止することができるようになる。さらに、マイクロ波は外部磁界に沿ってECR条件よりも高磁界側からプラズマ生成室20に導入されるので、プラズマ生成室20内でのマイクロ波の遮断現象が起らず、高密度プラズマを安定に生成することができる。

【0041】本実施例においても、マイクロ波導入窓27をプラズマ生成室20へのマイクロ波導入用開口28からみて死角の位置に配置しているので、プラズマ生成室20内で生成されたプラズマ中の粒子が直接飛来できず、マイクロ波導入窓27への膜の付着防止がより効果的とされている。

【0042】なお、上述した各実施例では、マイクロ波導入窓直前でEコーナを使って導波管を直角に曲げることにより、マイクロ波を外部磁界と垂直に伝播させるものとしているが、例えば図2において矩形導波管33を磁気コイル50、50の間を通すように配置し、磁気コイル50、50の外側にて直角に曲げるようにしてもよい。また、上述した実施例では、真空導波管の一方側端面を矩形開口とし、他方側端面を円形開口としたが、その両端面を矩形開口としてもよい。また、上述した各実施例では、原料をガスで供給するCVDの場合について述べたが、プラズマ引き出し開口21の直下等に金属ターゲットを付加して原料を固体で供給するスパッタ法に

も適用でき、原料をガスで供給する場合と同様の効果を得ることができる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したことから明らかなように本発明によれば、誘電体窓を通過したマイクロ波がそのマイクロ波電界を外部磁界と平行として外部磁界に垂直な方向へ進むことにより、導波管内でのプラズマの発生と導波管内へのプラズマの拡散（導波管内でのマイクロ波の遮断）が防止されるものとなり、また、導波管の開口付近が定在波の節となり、マイクロ波電界の強度が非常に弱くなって、プラズマがたち難く、また、マイクロ波の進行方向をプラズマ生成室直上の外部磁界強度がECR条件よりも強い場所で直角に曲げて外部磁界に沿ってプラズマ生成室へ導くことにより、プラズマ生成室内でのマイクロ波の遮断を防ぐことができるものとなり、これにより、誘電体窓への膜付着の問題を根本的に解決し、高密度プラズマを安定して生成することができ、Al, Mo, W, Ti, TiN等の金属膜やSiC, a-Si等の導電性膜の形成を長時間安定して行うことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の前段となるプラズマ処理装置の基本例におけるマイクロ波導入部を拡大して示す図である。

【図2】基本例における磁気コイルと真空導波管との位置関係を示す図である。

【図3】基本例における真空導波管内でのマイクロ波の伝播の様子を示す側断面図である。

【図4】本発明に係るプラズマ処理装置の第1の実施例におけるマイクロ波導入部を拡大して示す図である。

【図5】第1の実施例における分岐回路および真空導波管内でのマイクロ波の伝播の様子を示す側断面図である。

【図6】本発明に係るプラズマ処理装置の第2の実施例におけるマイクロ波導入部を拡大して示す図である。

【図7】ECRを利用した従来のプラズマ処理装置の基本構成を示す図である。

【図8】マイクロ波導入窓への導電性膜の付着を考慮した従来のプラズマ処理装置の基本構成を示す図である。

【図9】マイクロ波導入窓への導電性膜の付着を考慮した従来のプラズマ処理装置の基本構成を示す図である。

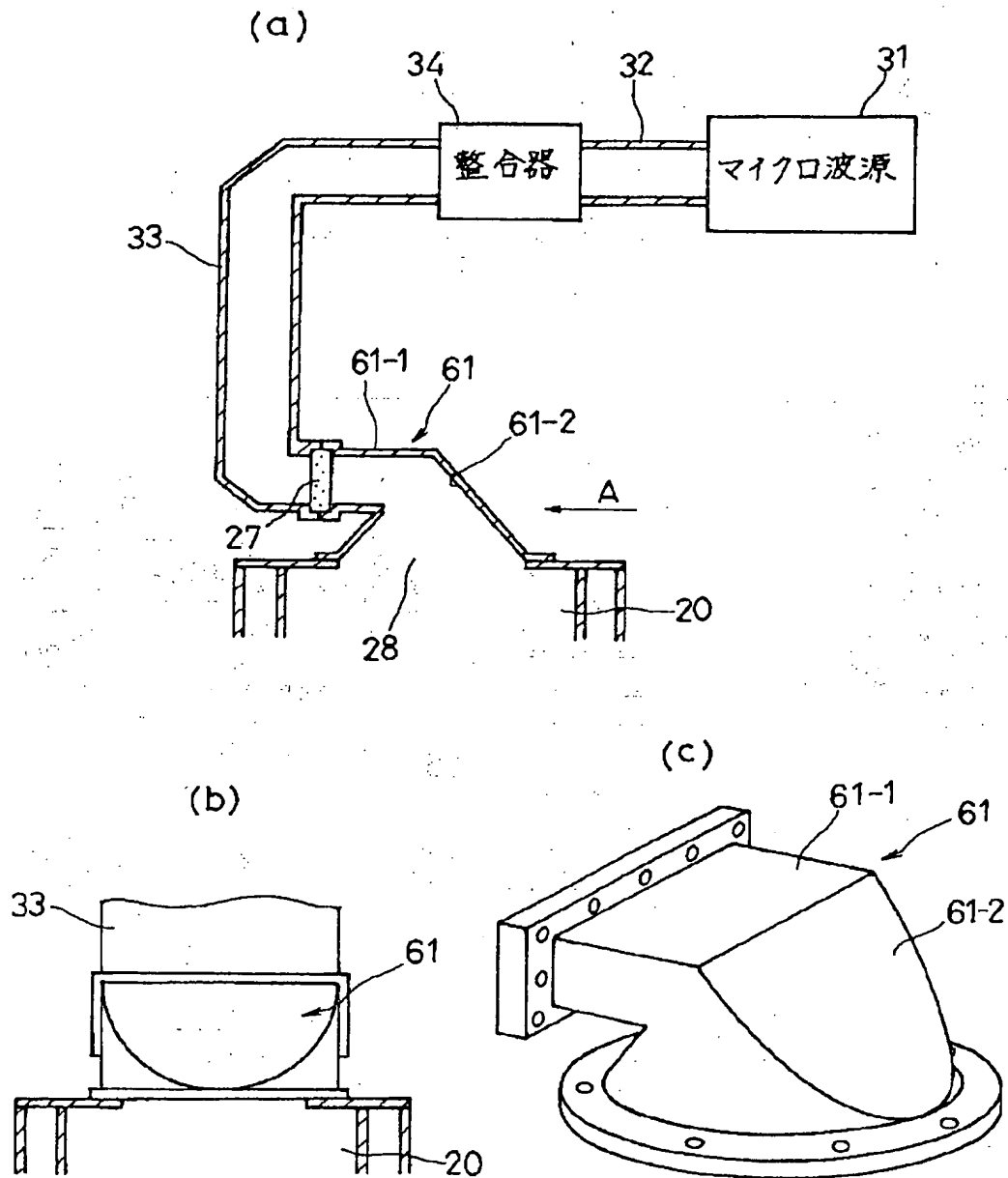
【図10】マイクロ波導入窓への導電性膜の付着を考慮した従来のプラズマ処理装置の基本構成を示す図である。

【符号の説明】

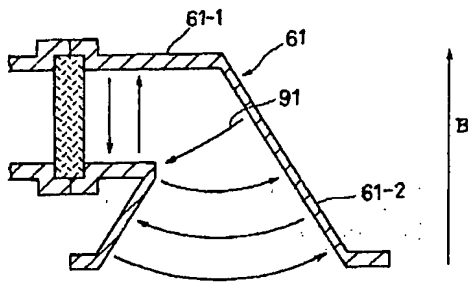
20 プラズマ生成室
50 磁気コイル
27, 27-1, 27-2 マイクロ波導入窓
28 マイクロ波導入用開口
61, 63, 67 真空導波管
61-1, 63-1, 67-1 導波管部

13
61-2, 63-2, 67-2 テーバ管部 (連結管部)
62 スリット (開口)
14

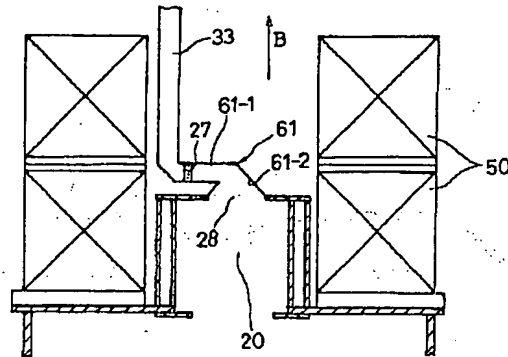
【図1】



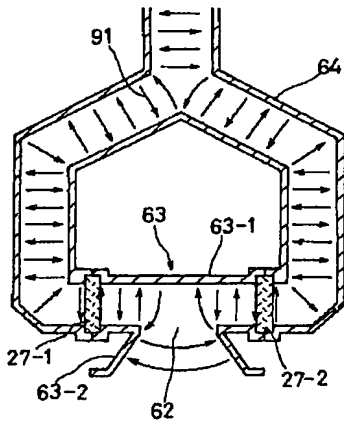
【図 3】



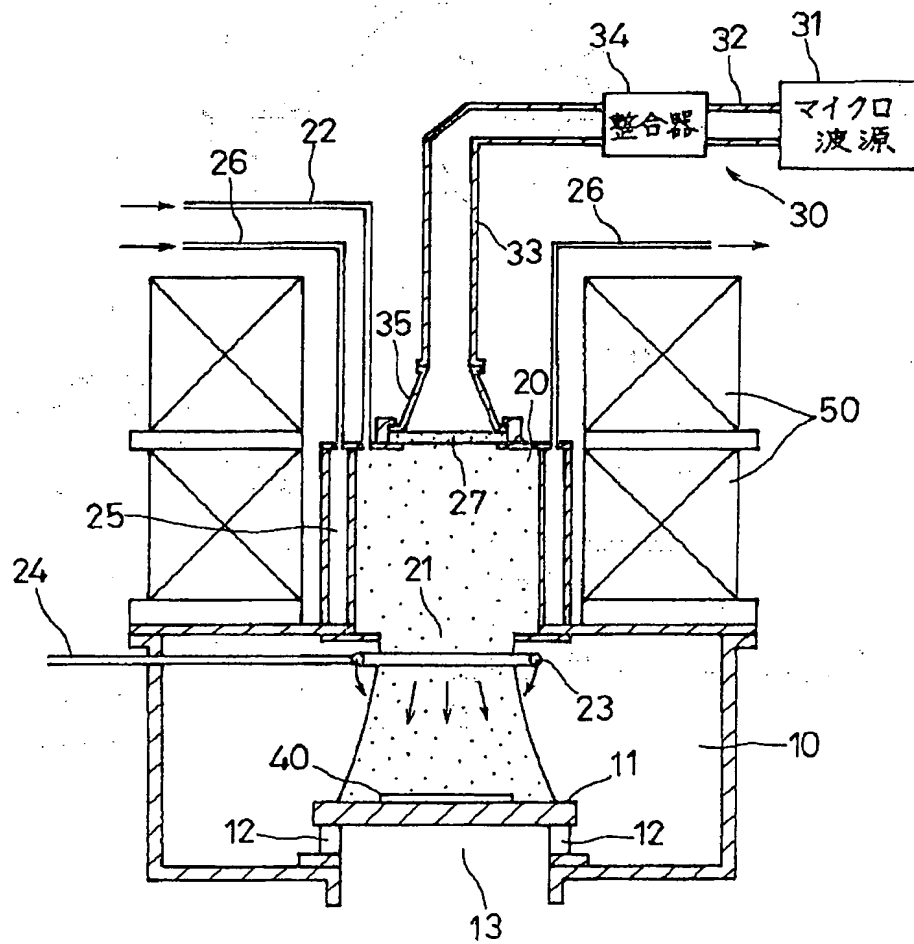
【図 2】



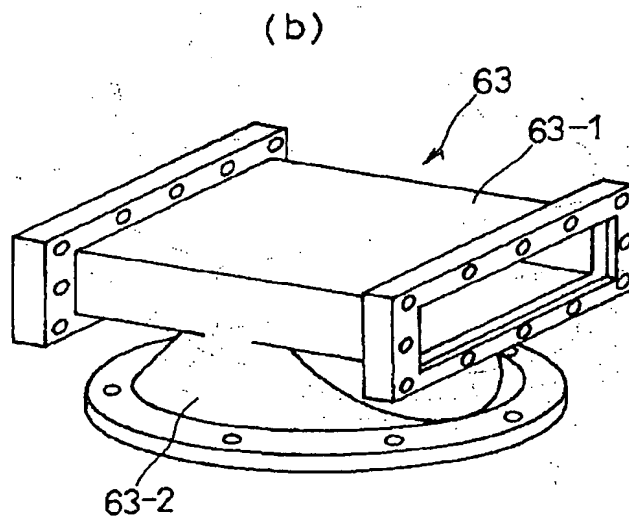
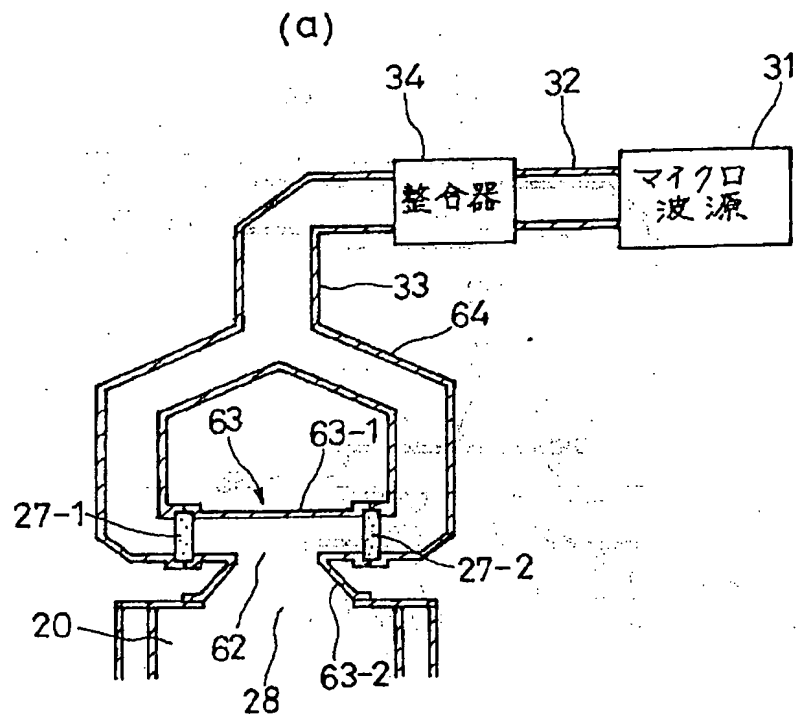
【图 5】



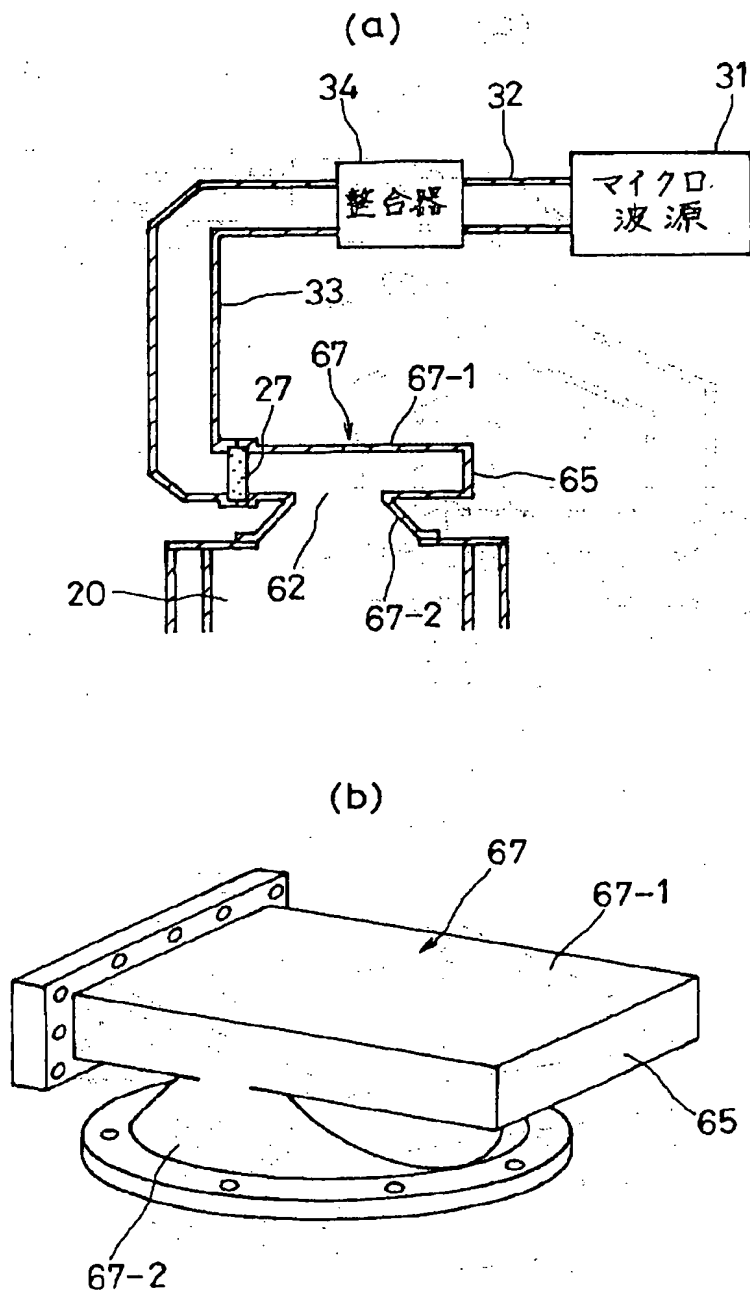
【図 7】



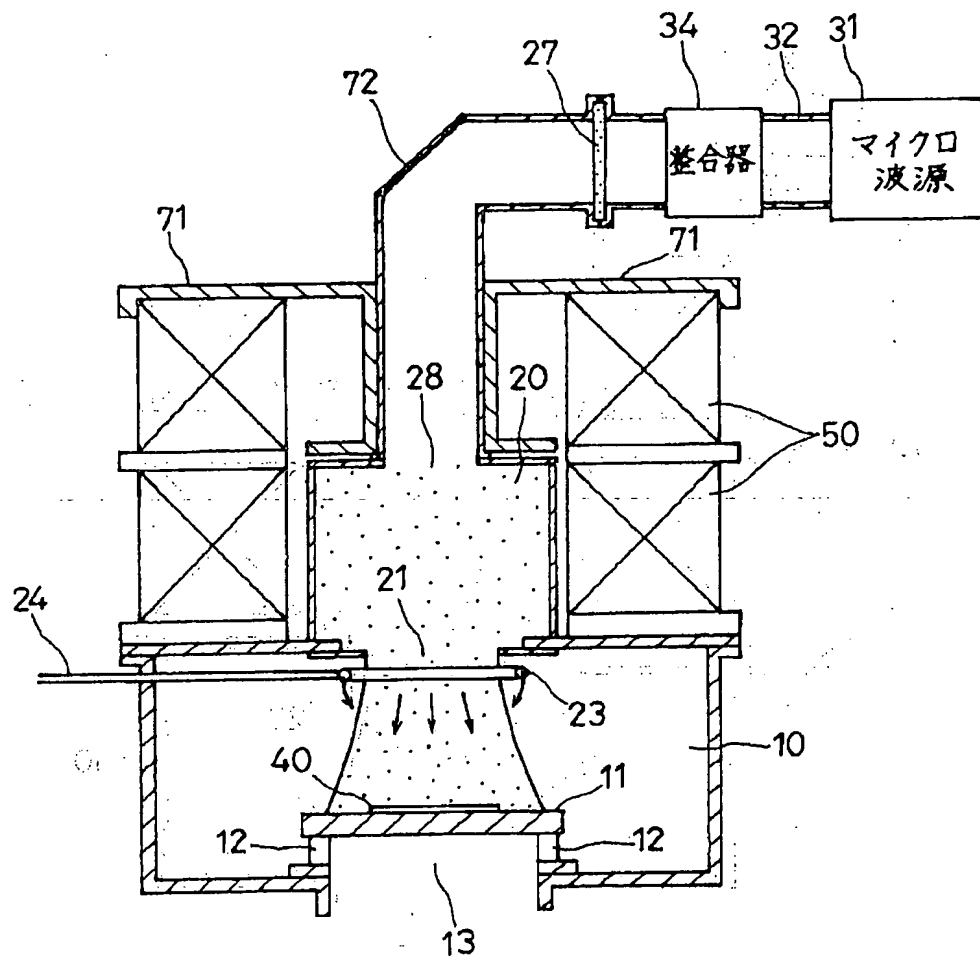
【図 4】



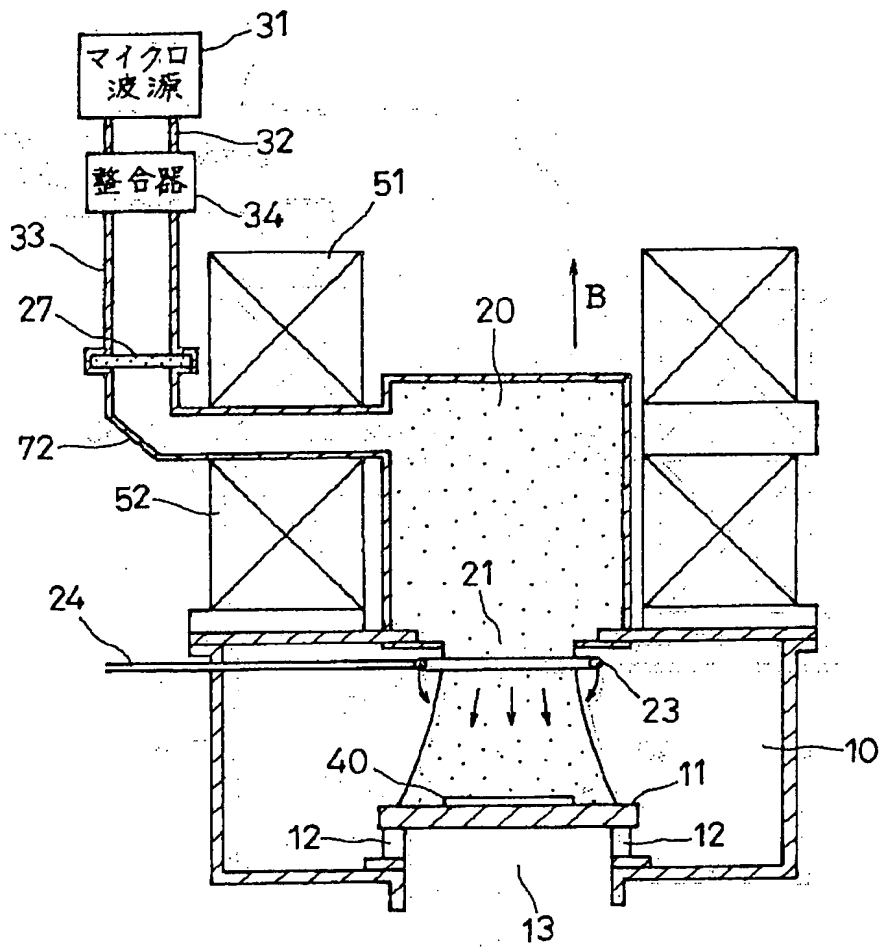
【図 6】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

